

5

Kraftstoffinjektor mit direkt angesteuertem Einspritzventilglied

#### Technisches Gebiet

- 10 Bei selbstzündenden Verbrennungskraftmaschinen kommt heute neben anderen Einspritzsystemen auch das Speichereinspritzsystem "Common Rail" zum Einsatz. Das wesentliche Merkmal des Common Rail-Systems ist es, dass der Einspritzdruck unabhängig von der Motordrehzahl und der Einspritzmenge erzeugt werden kann. Die Entkopplung von Druckerzeugung und Einspritzung erfolgt mit Hilfe eines Speichervolumens. Dieses für die Funktion maßgebende Volumen setzt sich aus
- 15 Bestandteilen in der gemeinsamen Verteilerleiste (Common Rail) in den Hochdruckleitungen sowie im Injektor selbst zusammen.

#### Stand der Technik

20

- Kraftstoffinjektoren, über welche Kraftstoff in den Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine eingespritzt wird, können über schnellschaltende Magnetventile oder auch über Piezoaktoren betätigt werden. Bei bisher bekannten Lösungen wirkt ein Piezoaktor oder ein Magnetventil auf ein Schließelement, welches einen Entlastungskanal eines Steuerraums verschließt oder freigibt. Abhängig vom
- 25 Schließen beziehungsweise Öffnen des kugelförmig oder kegelförmig ausbildbaren Schließgliedes erfolgt eine Betätigung eines Einspritzventilgliedes, so zum Beispiel einer Düsenadel. Der Steuerraum im Injektorkörper wird kontinuierlich über eine Zulaufdrossel mit Hochdruck beaufschlagt. Sobald das Ventilschließglied durch den Piezoaktor oder durch das schnellschaltende Magnetventil betätigt wird, strömt ein Steuervolumen über eine Ablaufdrossel enthaltende Leitung aus dem
- 30 Steuerraum ab, so dass der Steuerraum druckentlastet wird. Dadurch wird erreicht, dass die Stirnseite des Einspritzventilgliedes in den Steuerraum einfährt und ihren brennraumseitigen Sitz freigibt, so dass über die dort in einem Düsenkörper ausgebildeten Einspritzöffnungen Kraftstoff in den Brennraum der selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine eingespritzt wird.
- 35 Nach den aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen erfolgt die Betätigung des Einspritzventilgliedes indirekt über eine Druckentlastung des Steuerraumes, welcher das Öffnen beziehungsweise das Schließen des nadelförmig ausbildbaren Einspritzventilgliedes bewirkt.

Die Entwicklungstendenz verläuft nunmehr in Richtung einer Direktansteuerung eines Einspritzventilgliedes. Werden dazu anstelle von schnellschaltenden Magnetventilen Piezoaktoren eingesetzt, wird der Piezoaktor aus Bauraumgründen in ein unter hohem Druck stehendes Kraftstoffvolumen eingebettet. Das Kraftstoffvolumen weist in der Regel Systemdruck auf, d.h. das Druckniveau, welches im Hochdruckspeicherraum (Common Rail) der Kraftstoffeinspritzanlage herrscht. Piezoaktoren sind in der Regel als geschichtete Piezokristallstapel aufgebaut, welche bei Bestromung des Piezoaktors ihre Länge verändern. Werden Piezoaktoren innerhalb eines Kraftstoffvolumens angeordnet, so entstehen aufgrund der Ausgestaltung der Piezoaktoren bei Beaufschlagung mit einem Kraftstoffvolumen unerwünschte resultierende Kräfte auf den Piezoaktor. Diese resultierenden Kräfte beeinflussen bei direkter Ansteuerung des Einspritzventilgliedes dessen Hubweg innerhalb des Injektorkörpers, insbesondere bei hohen Drehzahlen, so dass die Einspritzzeitpunkte beziehungsweise die in den Brennraum eingespritzten Kraftstoffmengen driften, d.h. sehr ungenau reproduzierbar sind.

#### 15 Darstellung der Erfindung

Erfindungsgemäß wird eine Lösung vorgeschlagen, bei welcher eine direkte Ansteuerung des Einspritzventilgliedes durch einen Piezoaktor möglich ist. Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Lösung zeichnet sich dadurch aus, dass der Piezoaktor, der von Kraftstoff umgeben ist, so ausgelegt ist, dass der Fußbereich des im Kraftstoffvolumen angeordneten Piezoaktors sowie ein durch den Kopfbereich des Piezoaktors direkt betätigte Übersetzerkolben, der Teil des Einspritzventilgliedes ist, gleiche Durchmesser aufweisen. Dadurch entstehen identische hydraulisch wirksame Flächen, an denen bei Druckbeaufschlagung des Hohlraumes innerhalb des Injektorkörpers, in den der Piezoaktor aufgenommen ist, keine resultierenden hydraulischen Kräfte auftreten, welche den Nutzhub des im Injektorkörper bewegbar geführten Einspritzventilgliedes beeinträchtigen.

Der innerhalb des Injektorkörpers vom unter hohem Druck stehenden Kraftstoff umgebene Piezoaktor weist im Kopfbereich eine Dichtkante auf, wobei der Dichtkantendurchmesser bevorzugt mit dem Durchmesser des mit dem Piezoaktorkopfbereich direkt verbundenen Übersetzerkolben identisch ist. Durch diese Lösung kann einerseits erreicht werden, dass der Übersetzerkolben, der einen hydraulischen Kopplungsraum beaufschlagt, die Längung des Piezokristallstapels bei dessen Bestromung exakt überträgt; andererseits können durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene Lösung bisher erforderliche Ablaufkanäle, Ablaufdrosseln, Ventilschließelemente sowie Führungen für die Ventilschließelemente eingespart werden. Dies beeinflusst die Bauhöhe eines über einen erfindungsgemäß ausgebildeten Piezoaktor direkt angesteuerten Einspritzventilgliedes günstig, da die oben erwähnten Übertragungselemente entfallen können.

#### Zeichnung

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend eingehender beschrieben.

Es zeigt:

5

Figur 1 einen Längsschnitt durch einen erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektor mit in den Hochdruckzulauf integriertem Piezoaktor und

Figur 2 eine vergrößerte Darstellung einer Dichtkante des in Figur 1 dargestellten Hohlraums.

10

#### Ausführungsvarianten

15 In Figur 1 ist ein Kraftstoffinjektor 1 dargestellt, der mittels eines Piezoaktors 2 betätigt wird. Der Piezoaktor 2 ist innerhalb eines Kraftstoffvolumens 5 aufgenommen. Das Kraftstoffvolumen 5 befindet sich innerhalb eines im Injektorkörper 27 des Kraftstoffinjektors 1 ausgebildeten Hohlraumes 4. Der Hohlraum 4 wird mit dem Kraftstoffvolumen 5 über einen Hochdruckzulauf 3 beaufschlagt. Der Hochdruckzulauf 3 steht seinerseits in Strömungsverbindung mit einem in Figur 1 nicht dargestellten Speichervolumen (Common Rail). Im Speichervolumen herrscht ein durch eine Hochdruck-

20 Kraftstoffpumpe aufrechterhaltenes Systemdruckniveau von etwa 1300 bar und mehr.

Der in Figur 1 innerhalb des Hohlraumes 4 aufgenommene Piezoaktor 2 umfasst einen Aktorfuß 6 sowie einen Aktorkopf 12.

25 Der Piezoaktor 2 enthält eine Anzahl geschichtet übereinander angeordneter, in Stapelform orientierter Piezokristalle, die bei Bestromung des Piezoaktors 2 über elektrische Anschlüsse 10 ihre Ausdehnung ändern, so dass der Piezoaktor 2 eine Hubbewegung eines mit diesem direkt verbundenen Übersetzerkolbens 5 bewirkt.

30 Im oberen Bereich des Piezoaktors 2 ist dieser am Aktorfuß 6 durch ein metallisches Gewindeteil 8 abgedichtet. Unterhalb des metallischen Gewindeteiles 8 befindet sich eine Dichtkante 9, die im Dichtkantendurchmesser 17 ( $d_2$ ) ausgebildet ist. Die am Piezoaktor 2 ausgebildete Dichtkante 9 liegt an einer entsprechend angeschrägten Kegelfläche des Injektorgehäuses 27 des Kraftstoffinjektors 1 an. Der in Figur 1 nicht dargestellte Piezokristallstapel kann optional von einem Vergussmaterial 11

35 umgeben sein, um die Beständigkeit des Piezoaktors 2 gegen Kraftstoff zu verbessern.

Am Aktorkopf 12 des Piezoaktors 2 ist dieser fest mit einem Übersetzerkolben 15 verbunden, der in einem Durchmesser 16 ( $d_1$ ) ausgeführt ist. Der Dichtkantendurchmesser 17 ( $d_2$ ) und der Übersetzerkolbendurchmesser 16 ( $d_1$ ) sind identisch. Der Übersetzerkolben 15 ist bewegbar im Injektorgehäuse

27 des Kraftstoffinjektors 1 geführt. Oberhalb einer Verbindungsfläche 14 weist der Piezoaktor im Aktorkopfbereich 12 eine Einschnürung 13 auf.

Die einem hydraulischen Kopplungsraum 19 zuweisende untere Stirnseite 18 des Übersetzerkolbens 15 beaufschlagt ein im hydraulischen Kopplungsraum 19 enthaltenes Kraftstoffvolumen. Der hydraulische Kopplungsraum 19 wird andererseits durch eine Stirnfläche 21 eines nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes 20 begrenzt. Der Durchmesser der Stirnseite 18 entspricht dem Durchmesser des Übersetzerkolbens 16 und ist größer bemessen als der Durchmesser der Stirnseite 21 des im Injektorkörper 27 in vertikale Richtung bewegbar aufgenommenen, nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes 20. Das Einspritzventilglied 20 ist in einer Führungslänge 28 im Injektorkörper 27 aufgenommen.

Vom Hohlraum 4, in welchem das Kraftstoffvolumen 5 über den Hochdruckzulauf 3 einströmt, zweigt ein Düsenraumzulauf 22 ab. Über den Düsenraumzulauf 22 strömt unter Systemdruck stehender Kraftstoff einem im Injektorkörper 27 ausgebildeten Düsenraum 23 zu. Am Einspritzventilglied 20 ist eine Druckstufe 24 ausgebildet, an welcher der in den Düsenraum 23 einströmende, unter Systemdruck stehende Kraftstoff angreift und das Einspritzventilglied 20 an der Druckstufe 24 eine das Einspritzventilglied 20 in Öffnungsrichtung betätigende Kraft erzeugt. Vom Düsenraum 23 erstreckt sich darüber hinaus ein Ringspalt 25, über welchen Kraftstoff in Richtung auf eine Spitze 26 des als Düsennadel ausbildbaren Einspritzventilgliedes 20 zuströmt.

Die Einspritzöffnungen, über welche Kraftstoff in einen Brennraum einer selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine einströmt, sind in Figur 1 nicht näher dargestellt.

Der Darstellung gemäß Figur 2 ist die am Aktorfußbereich 6 ausgebildete, mit dem Injektorgehäuse zusammenwirkende Dichtkante in vergrößerter Darstellung wiedergegeben.

Am oberen Bereich des in den Hohlraum 4 eingelassenen Piezoaktors 2 befindet sich ein Gewindeabschnitt 8. Da die über ein Gewinde 8 herstellbare Abdichtung des mit unter hohem Druck stehenden Kraftstoff 5 beaufschlagten Hohlraumes 4 nicht ausreichend ist, wird im Aktorfußbereich 6 des Piezoaktors 2 eine Dichtkante 9 vorgesehen. Die Dichtkante 9 wirkt mit einem in Kegelstumpfform ausgebildeten Dichtsitz am Injektorgehäuse 27 zusammen. Der Dichtkantendurchmesser 17 ( $d_2$ ) bezeichnet die Stelle, an welcher die Dichtkante 9 die kegelstumpfförmig ausgebildete Dichtfläche des Injektorgehäuses 27 berührt und eine Abdichtung des Hohlraumes 4, der mit einem unter hohem Druck stehenden Kraftstoffvolumen 5 befüllt ist, gewährleistet.

Charakteristisch für die in Figuren 1 und 2 dargestellte Ausbildung des in einem Hohlraum 4, der mit unter hohem Druck stehenden Kraftstoff 5 beaufschlagt ist, aufgenommenen Piezoaktors 2, ist die Identität des Dichtkantendurchmessers 17 und des Übersetzerkolbendurchmessers 16. Sind diese

Durchmesser 16 ( $d_1$ ) beziehungsweise 17 ( $d_2$ ) identisch, wird durch das im Hohlraum 4 des Injektor-  
gehäuses 27 aufgenommene, unter hohem Druck stehende Kraftstoffvolumen 5 keine resultierende  
Kraft ( $F_{res}=0$ ) auf den Piezoaktor 2 in Nutzhubrichtung ausgeübt.

- 5 Wird der im Piezoaktor 2 enthaltene Piezokristallstapel bestromt, fährt aufgrund der Längenände-  
rung des Piezoaktors 2 der mit diesem fest verbundene Übersetzerkolben 15 mit seiner Stirnseite 18  
in den hydraulischen Kopplungsraum 19 ein, so dass das nadelförmig ausgebildete Einspritzventil-  
glied 20 in seinen brennraumseitigen Sitz gedrückt wird, so dass die Einspritzöffnungen in den  
Brennraum einer selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine geschlossen bleiben. Erfolgt eine  
10 Aufhebung der Bestromung des eine Piezokristallanordnung enthaltenden Aktors 2, so fährt auf-  
grund der fehlenden Längung des im Piezoaktor 2 enthaltenden Piezokristallstapels der Übersetzer-  
kolben 15 aus dem hydraulischen Kopplungsraum 19 aus, so dass die Stirnseite 21 des nadelförmig  
ausgebildeten Einspritzventilgliedes 20 sich in Öffnungsrichtung bewegt und Kraftstoff aus dem  
Düsenraum 23 über den Ringspalt 25 zur Spitze 26 des nadelförmig ausgebildeten Einspritzventil-  
15 gliedes 20 strömt und über die in Figur 1 nicht dargestellte Einspritzöffnungen in den Brennraum der  
selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine eingespritzt werden kann.

- Die Druckausgeglichenheit des Piezoaktors 2, der innerhalb des Hohlraumes 4, der mit dem unter  
hohem Druck stehenden Kraftstoffvolumen 5 befüllt ist, aufgenommen ist, gewährleistet die maxima-  
20 le Nutzhubausnutzung des Piezoaktors 2, da der Ausdehnung der Piezokristalle, die in Stapelanord-  
nung aufgenommen sind, keine behindernde Kraft entgegenwirkt und somit der maximale Hubbe-  
reich des Piezoaktors bei dessen Bestromung und bei der Aufhebung der Bestromung, d.h. der Wie-  
derherstellung der ursprünglichen Form der Piezokristalle ermöglicht wird. Dies ist bei Piezoaktoren  
2 insofern von großer Bedeutung, weil die Längenänderung eines Piezokristallstapels nur wenige  $\mu\text{m}$   
25 beträgt und die diese Längenänderung beeinflussenden, resultierende Kräfte den maximalen Nutzhub  
des Piezoaktors 2 erheblich beeinträchtigen können.

Bezugszeichenliste

	1	Kraftstoffinjektor
	2	Piezoaktor
5	3	Hochdruckzulauf
	4	Hohlraum
	5	Kraftstoffvolumen (Systemdruck)
	6	Aktorfußbereich
	7	Aktorfußdurchmesser
10	8	Gewindeabschnitt
	9	Dichtkante
	10	elektrische Anschlüsse
	11	Vergussmaterial
	12	Aktorkopfbereich
15	13	Einschnürung
	14	Verbindungsfläche
	15	Übersetzerkolben
	16	Durchmesser Übersetzerkolben ( $d_1$ )
	17	Dichtkantendurchmesser ( $d_2$ )
20	18	Stirnseite Übersetzerkolben
	19	hydraulischer Kopplungsraum
	20	nadelförmiges Einspritzventilglied
	21	Stirnseite Einspritzventilglied
	22	Düsenraumzulauf
25	23	Düsenraum
	24	Druckstufe
	25	Ringspalt
	26	Spitze Einspritzventilglied
	27	Injektorkörper
30	28	Führungslänge Einspritzventilglied

5

Patentansprüche

1. Kraftstoffinjektor (1) mit einem einen Einspritzventilglied (20) direkt betätigenden Piezoaktor (2), welcher auf einen Übersetzerkolben (15) wirkt und eine Stirnseite (18) des Übersetzerkolbens (15) einen hydraulischen Kopplungsraum (19) zur Betätigung des Einspritzventilgliedes (20) beaufschlägt und der Piezoaktor (2) in einem Hohlraum (4) im Injektorgehäuse (27) aufgenommen ist, welches mit einem unter hohem Druck stehenden Kraftstoffvolumen (5) befüllt ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser (17) ( $d_2$ ) einer Dichtkante (9) im Aktorfußbereich (6), dem Durchmesser (16) ( $d_1$ ) des Übersetzerkolbens (15) entspricht.
2. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Piezoaktor (2) an seinem Kopfbereich (12) fest mit dem Übersetzerkolben (15) verbunden ist.
3. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine einen hydraulischen Kopplungsraum (19) beaufschlagende Stirnseite (18) des Übersetzerkolbens (15) eine größere hydraulisch wirksame Fläche bildet, als eine den hydraulischen Kopplungsraum (19) begrenzende Stirnseite (21) des Einspritzventilgliedes (20).
4. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Piezoaktor (2) von einem Vergussmaterial (11) umschlossen ist.
5. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der den Piezoaktor (2) umschließende Hohlraum (4) im Injektorgehäuse (27) eine einen sich zu einem Düsenraum (23) erstreckenden Düsenraumzulauf (22) beaufschlägt.
6. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass elektrische Anschlüsse (10) zur Bestromung des Piezoaktors (2) durch einen oberhalb des Aktorfußbereiches (6) angeordneten Gewindeabschnitt (8) geführt sind.
7. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine mit einem angeschrägten Gehäuseabschnitt des Injektorgehäuses (27) zusammenwirkende, im Fußbereich (6) des Piezoaktors (2) ausgebildete Dichtkante (9) den mit einem unter hohem Druck stehenden Kraftstoffvolumen (5) befüllten Hohlraum (4) zum Gewindeabschnitt (8) abdichtet.

8. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Piezoaktor (2) oberhalb einer Verbindungsfläche (14) mit dem Übersetzerkolben (15) einen Einschnürabschnitt (13) aufweist.



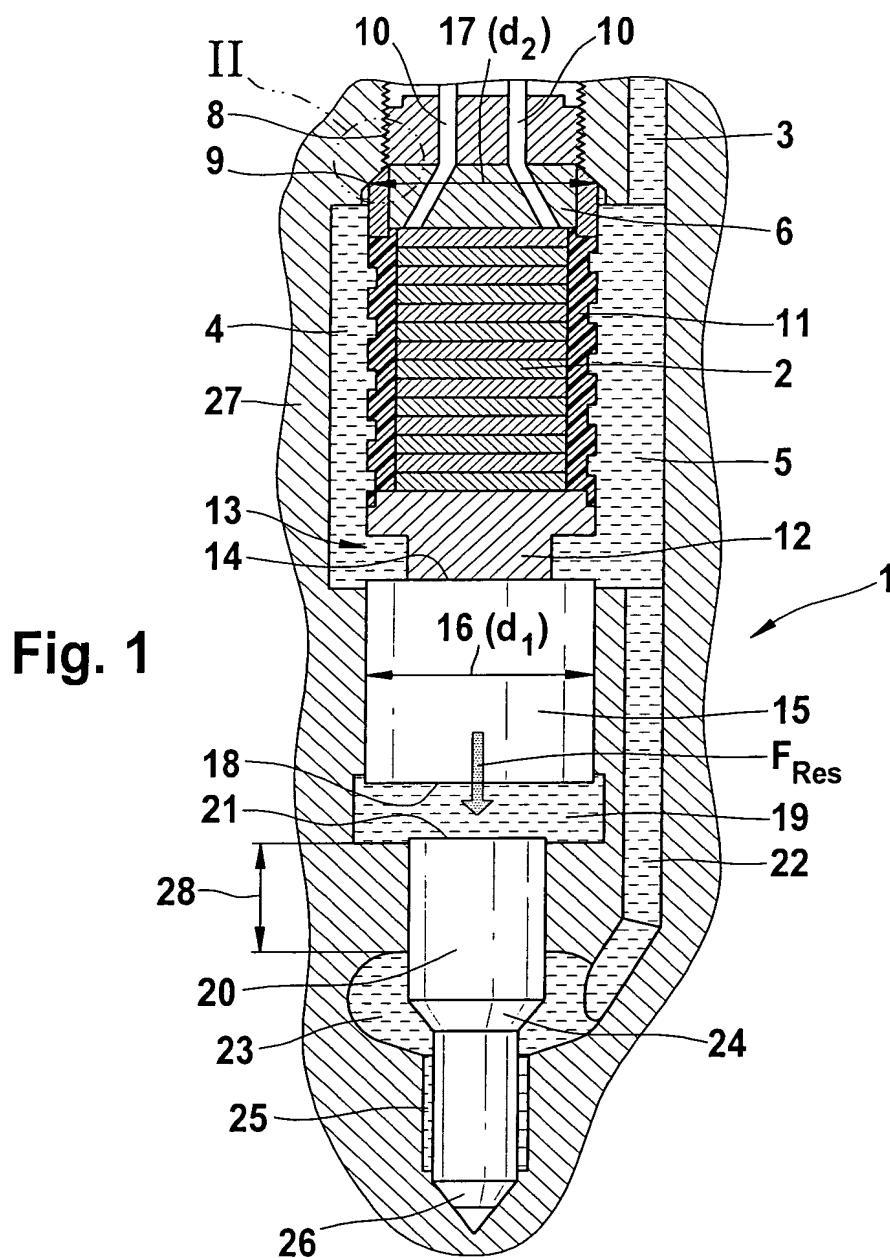
5

### Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Kraftstoffinjektor (1) mit einem einen Einspritzventilglied (20) direkt betätigenden Piezoaktor (2), welcher auf einen Übersetzerkolben (15) wirkt und eine Stirnseite (18) des Übersetzerkolbens (15) einen hydraulischen Kopplungsraum (19) zur Betätigung des Einspritzventilgliedes (20) beaufschlagt und der Piezoaktor (2) in einem Hohlraum (4) im Injektorgehäuse (27) aufgenommen ist, welches mit einem unter hohem Druck stehenden Kraftstoffvolumen (5) befüllt ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser (17) ( $d_2$ ) einer Dichtkante (9) im Aktorfußbereich (6), dem Durchmesser (16) ( $d_1$ ) des Übersetzerkolbens (15) entspricht.

15

(Figur 1)

**Fig. 2**